

高エネルギー吸収型ポケット式落石防護網の実規模重錘衝突実験

(株) ライテク新潟事務所 ○難 波 正 和
 金沢大学理工研究域 前 川 幸 次
 (株) ライテク新潟事務所 田 島 与 典

1. はじめに

我が国の落石防護工の一種である斜面中腹から下方を面的に覆って落石を受け止め、下方のポケット部へ落とし込み誘導させるポケット式落石防護網に着目すると、従来から用いられている標準的タイプの場合、経済性や施工性に優れていることから実績が多い反面、適用可能な落石エネルギーは50~200 kJ程度と小さく、落石エネルギーが大きな落石には対応できない。したがって、最近では高エネルギーに対応可能なポケット式落石防護網が開発されており、これら新しいタイプのポケット式落石防護網については、実験等のデータにより、適用範囲を確認したうえでの採用が求められている。

本研究では、過去に自由落下による重錘衝突載荷実験で性能が確認されている緩衝装置を用いたポケット式落石防護網について、実際の落石挙動に近い実斜面における実規模重錘衝突実験を行い、エネルギー吸収性能及び適用範囲を確認することとした。

2. 高エネルギー吸収型ポケット式落石防護網構造概要

本実験の供試体である高エネルギー吸収型ポケット式落石防護網は、従来の構造である支柱、縦横ロープ、1 m 間隔で配置した補助ロープ(3×7 G/O 14φ)、写真-1に示す「リング型」と「Uボルト型」の2種類の緩衝装置、写真-2に示すアンカー及び吊ロープを支柱とアンカーに支持させる「滑車構造の金具」で構成されている。

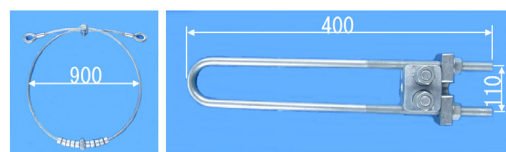


写真-1 緩衝金具(リング型・Uボルト型)

緩衝金具はいずれもロープを挟んで固定する構造であり、ロープに発生する張力が金具のすべり張力以上になるとロープがスリップする。スリップにより金具とロープの接触面に生じる摩擦抵抗力で衝突エネルギーを吸収する。また、滑車構造の金具については、吊ロープに発生する張力が支柱とアンカーと釣り合い、力が分散され、構造全体でエネルギーを吸収する仕組みである。

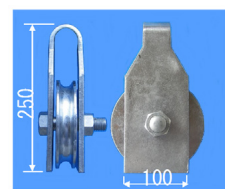


写真-2 滑車金具

3. 実規模実験概要

(1) 実験方法

図-1は実験方法を模式的に示している。本実験では、落下高さ23.0 m、勾配約55°の砂岩斜面上端の架台に重錘をセットした後、クレーンにより架台端を吊り上げて重錘を転落させ、実験供試体(緩衝装置を用いたポケット式落石防護網)に衝突させた。実験で使用した重錘は、斜面を転がりやすい形状とするため、欧州の性能認証指針「ETAG27」で規定されている重錘形状を採用し、所定の衝突エネルギーを与えるため、質量2.5 t、4.2 tおよび5.2 tの3種類を用いて実験を行った。

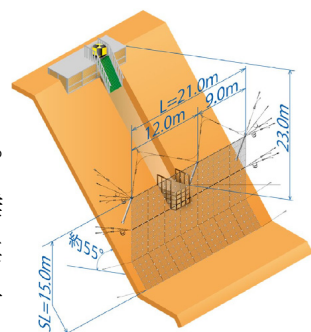


図-1 実験方法模式図

(2) 実験供試体

図-2は実験供試体の形状寸法を示しており、横主ロープ間隔5.0 mとした網高15.0 m、支柱間隔12.0 mと9.0 mの2スパン、全長21.0 mとした。主要部材の規格は、支柱(SS400, H-150×150×7×10)、金網(GS-3 5.0φ×50×50)、吊・縦横主ロープ(3×7 G/O 18φ)、リング型緩衝金具(6×24 G/O 16φ)、Uボルト型緩衝金具(3×7 G/O 18φ)用)である。

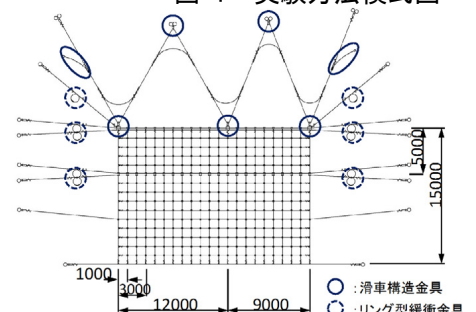


図-2 実験供試体寸法

(3) 計測項目および計測方法

計測項目は、各ロープの固定用シャックルに貼付したひずみゲージによるワイヤーロープ張力、支柱に設置したひずみゲージから支柱の軸力、重錘内部に設置した三軸加速度計により重錘加速度、緩衝装置のスリップ量を計測した。重錘衝突時の挙動、最大変形量については、高速度カメラの画像解析から確認した。

4. 実験結果

(1) 重錘捕捉状況

表-1 は実験結果の概要を示している。全ケースで主要部材の大きな損傷もなく重錘を捕捉した。

表-1 実験結果の概要

実験 No.	重錘質量 W(ton)	金網	上段:主ロープ 下段:補助ロープ	横主ロープ 緩衝装置	落下高 H(m)	斜面勾配 $\theta(^{\circ})$	等価摩擦係数 μ	衝突エネルギー E^{*1} (kJ)	金網変形量 δ^{*2} (m)	緩衝金具 スリップ比率 ^{**3}
Case 1	2.5	5.0φ50×50	3×7 18φ 3×7 14φ	リング型	23.0	55.0	0.15	554.5	2.379 (47.6%)	25.6%
Case 2	4.2	5.0φ50×50	3×7 18φ 3×7 14φ	リング型	23.0	55.0	0.15	931.5	2.681 (53.6%)	57.9%
Case 3	5.2	5.0φ50×50	3×7 18φ 3×7 14φ	Uボルト型, リング型	23.0	55.0	0.15	1153.3	2.543 (50.9%)	41.4%

^{*1} 衝突エネルギーについては、落石対策便覧¹⁾の落石全運動エネルギー算定式を用いて算定。^{*2} ()内は横主ロープ間隔(5.0m)に対する比率。

^{*3} 緩衝金具スリップ率は、計算上見込む最大スリップ長と実験でのスリップ長との比率

写真-3 は Case 1 と最大衝突エネルギーである Case 3 の重錘衝突時の挙動を示している。重錘を金網等の防護面全体で受け止め、衝突エネルギーを吸収した後、下方のポケット部に落とし込み斜面法尻まで重錘を誘導し、防護網の前面へ抜け出すことなく重錘を停止させることができた。

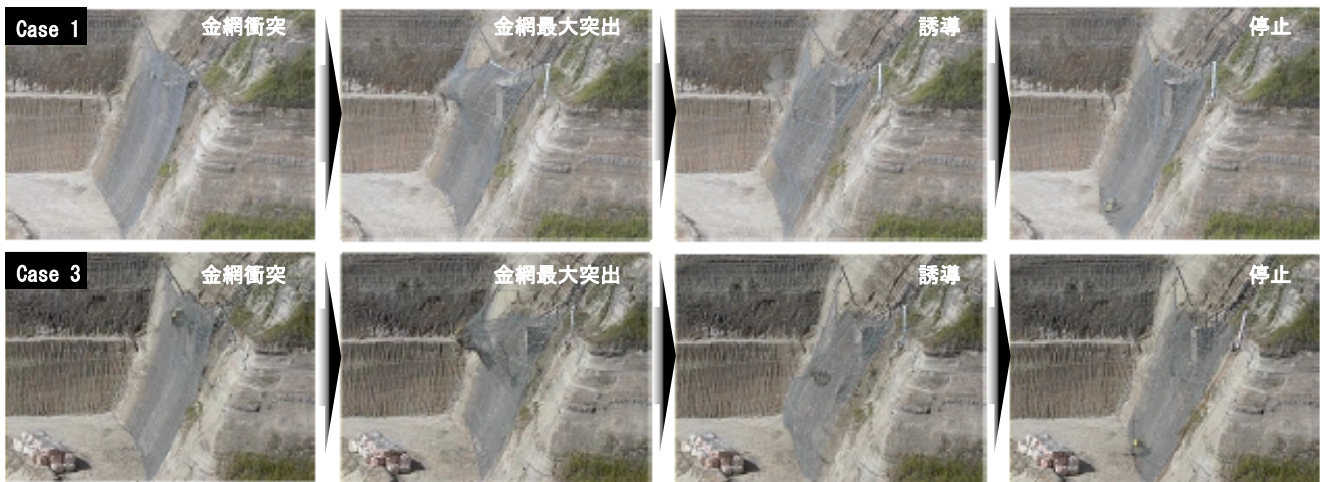


写真-3 重錘捕捉状況 (Case1, Case3)

(2) 金網変形量

写真-4 は Case 3 の重錘衝突時における金網の最大変形量を示しており、変形量 2.543 m は、横主ロープ間隔 5.0 m に対して 50.9% である。

従来のポケット式落石防護網では、金網の遊びを考慮してスパンの 1/4 とされているが、本実験の供試体では 1/2 程度である。これは、1 m 間隔で配置した補助ロープの面的作用と横主ロープに設置した緩衝装置のスリップにより、金網の大変形を可能とすることで、エネルギー吸収効果を高めることができる。



写真-4 金網最大変形量 (Case3)

5. まとめ

本実験において、本来のポケット式落石防護網が必要とされる機能、すなわち防護面で落石のエネルギーを吸収し、その後ポケット部に落とし込み斜面法尻まで誘導、最終的に防護網の前面へ抜け出すことなく落石を停止させる、という一連の捕捉挙動とその防護性能が確認できた。また、緩衝装置を用いた本構造体の適用範囲については、条件により異なるが、落石対策便覧で算定される衝突エネルギー1200 kJ程度まで対応可能であることを確認した。